

【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 26-143
補助事業名 平成26年度 電離流れ場の特性解明のための先進的干渉計測法の解明補助事業
補助事業者名 東海大学工学部機械工学科 山田剛治

1 研究の概要

本補助事業においては、表面波励起アルゴンプラズマと衝撃波誘起アルゴンプラズマの二つのプラズマ源を対象として、それぞれの電離状態をプローブ計測法、発光分光法、衝突輻射モデルによる理論解析により明らかにした。そして電離状態が明らかになってから、マッハツェンダー干渉法をそれぞれのプラズマ源に適用して、電離状態の取得に挑戦した。その結果、表面波励起アルゴンプラズマに関しては、プローブ計測結果と同程度のオーダーの電子密度を取得することができたが衝撃波誘起アルゴンプラズマに関しては、機械振動の影響で計測することができなかった。

2 研究の目的と背景

近年、プラズマを利用した表面処理や材料開発が工業的に広く行われている。また宇宙開発においても、大気突入飛行時の宇宙機の周りには高温のプラズマ流が生成されるため、高性能な耐熱材料開発が必要となる。このようにプラズマを利用した技術開発が社会的に重要となっているが、プラズマの諸特性は複雑であり未解明な点が多い。そのため、これまで主に経験則によりプラズマの利用が行われており、プラズマの諸特性を効率よく生かした利用法には至っていない。そこで本補助事業はプラズマ特性の解明につながる先進的干渉計測法を確立することを目的としている。そして様々なプラズマ特性解明を可能にして、最終的にはプラズマ特性を効率よく利用した技術開発を発展させることを目指す。

3 研究内容

(1) 表面波励起プラズマへの適用

表面波励起プラズマ装置で生成したアルゴンプラズマに対して、図1に示すマッハツェンダー干渉法を適用して電子密度を導出した。本研究では、レーザー光源として波長473nmの青色レーザーと532nmの緑色レーザーを用いた。マッハツェンダー干渉法により撮影した干渉縞の画像を図2、図3に示す。プラズマ発生前後で画像を比較すると、干渉縞にほとんど変化が見られない。これは表面波励起プラズマ装置チェンバ内の電子密度が均一であるか電子密度が小さいためであると考えられる。図4に取得した干渉縞の画像を解析して得られた電子密度を示す。これよりマッハツェンダー干渉法により取得した電子密度はプローブ計測より取得した電子密度より1桁オーダーが小さくなっているのが分かる。しかしながら本研究

の遂行によりマッハツェンダー干渉法を適用した電子密度取得法を確立することができた。
今後計測手法の改善に取り組んでいく予定である。

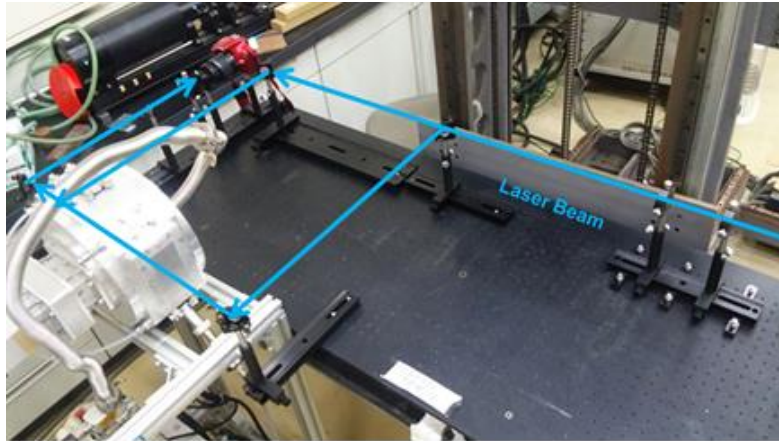
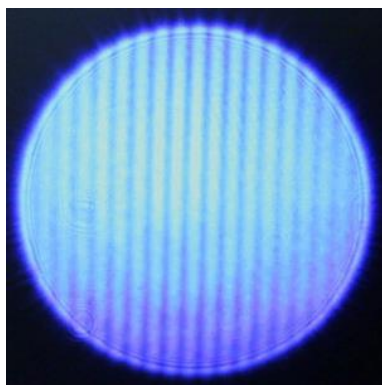
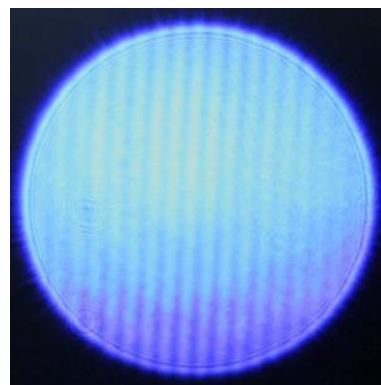


図1 マッハツェンダー干渉計

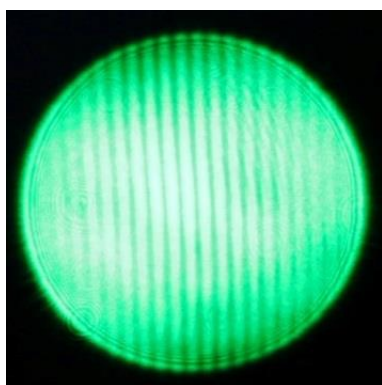


(a) プラズマOFF

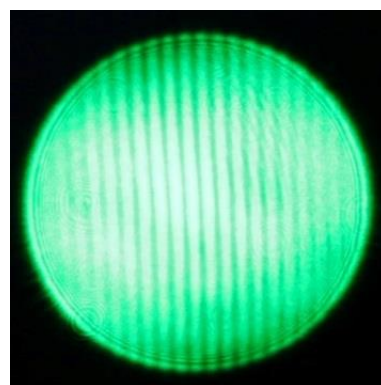


(b) プラズマON

図2 青色レーザーによる干渉縞の画像



(a) プラズマOFF



(b) プラズマON

図3 緑色レーザーによる干渉縞の画像

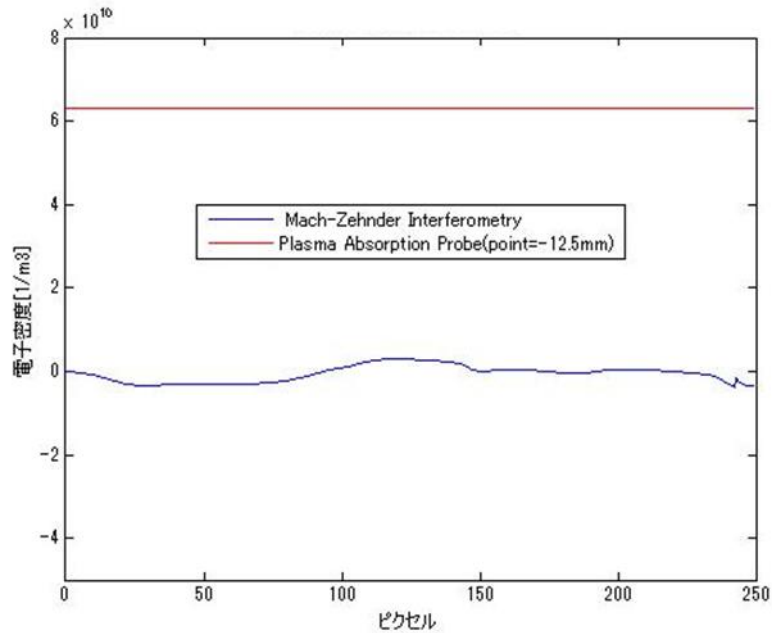


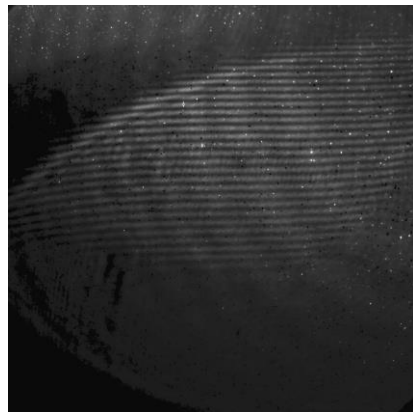
図4 マッハツェンダー干渉法より導出した電子密度

(2) 極超音速衝撃波への適用

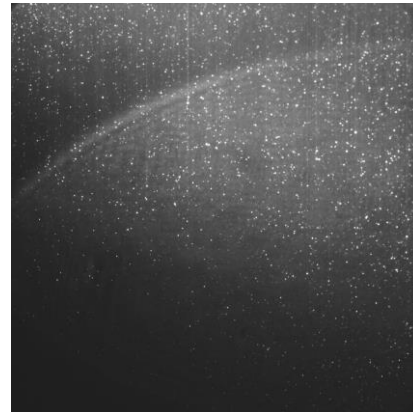
極超音速衝撃波管で生成した衝撃波誘起アルゴンプラズマに対して図5に示すマッハツェンダー干渉法を適用した。また図6に衝撃波生成前の干渉縞と衝撃波生成中に取得した干渉縞の画像をそれぞれ示す。衝撃波生成前の画像は、衝撃波生成前に干渉縞が出るように光学系を調整して取得したものである。本研究では、衝撃波通過による干渉縞の移動量を利用して電子密度を導出することを試みた。図6 (b)より衝撃波が観測部を通過する瞬間を100nsの極短時間で撮像した画像では、干渉縞がなくなっているのが分かる。この原因としては、衝撃波生成の際に生じる装置全体の機械振動により光学系のアライメントがずれてしまい、干渉縞が消滅してしまうことが考えられる。



図5 極超音速衝撃波管に適用したマッハツェンダー干渉法



(a) 衝撃波生成前



(b) 衝撃波生成中

図6 取得した干渉縞の画像

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

今後本研究で取り組んだ先進的干渉計測手法をさらに高精度化し、適用可能な電離流れ場の範囲が広がることが期待できる。本研究で対象とする衝撃波誘起プラズマの特性解明ができれば、大気突入機周りで生じる電離流れ場の高精度な解析モデルの開発につながり、機体の空力特性や空力加熱環境を数値解析により高精度に予測できるようになることが期待できる。これより、莫大なコストがかかる飛行試験を削減でき、将来の宇宙開発技術への貢献が期待できる。さらに宇宙開発への貢献以外にも、プラズマ特性を利用した表面処理技術、プラズマ物理の解明及び燃焼工学技術など様々な分野への波及効果も期待できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

事業者は、これまで惑星大気突入飛翔体周りの極超音速流れ場の特性解明に取り組んできた。その中で、探査機「はやぶさ」の飛行条件に相当する電離流れ場について実験的・数値的研究を行い、複雑な電離現象が生じていることを明らかにした。そこで近年、発光分光法、トリプルプローブ法、衝突輻射モデルを適用して、探査機周りで生じる電離過程の解明に取り組んでおり、本事業では先進的干渉計測法を新たに適用して、これまでの手法では取得できない衝撃波面付近の物理量を取得するものである。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【学会発表】

1. 山田剛治、丸山隼平、川添博光、極超音速アルゴン衝撃波背後の電子密度計測、第58回宇宙科学技術連合講演会、2014年11月12日—14日、長崎ブリックホール
2. Gouji Yamada, Shunpei Maruyama, Hiromitsu Kawazoe, and Shigeru Obayashi, Electron Density Measurements behind a Hypersonic Shock Wave in Argon, the 14th

International Symposium on Advanced Fluid Information, October 9, 2014, Sendai
International Center.

7 補助事業に係る成果物

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 東海大学工学部 山田研究室

(トウカイダイガクコウガクブヤマダケンキュウシツ)

住 所： 〒259-1292

神奈川県平塚市北金目4-1-1

申 請 者： 講師 山田剛治 (ヤマダゴウジ)

担 当 部 署： 工学部機械工学科 (コウガクブキカイコウガクカ)

E-mail : gyamada@tsc.u-tokai.ac.jp

U R L : <http://www.mech.u-tokai.ac.jp/laboratory/014.html>